Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi
Seri: A, Sayı: 2, Yıl: 2004, ISSN: 1302-7085, Sayfa:160-169

# TOMRUKLARDAN MAKSİMUM KERESTE RANDIMANI ELDE ETMEK İÇİN İKİ BOYUTLU GEOMETRİK TEORİ [1]

Süleyman KORKUT

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Orman Fak., Orman End. Müh. Böl., 81620 Düzce
suleymankorkut@hotmail.com

## ÖZET

Tomruktan maksimum kereste randımanı elde etmek için iki boyutlu geometrik teori geliştirildi. Daire ve elips şeklindeki tomrukların merkezileştirilmiş prizma biçme çözümleri elde edilmiştir. Maksimum randıman için biçme hattının yerleşimi yuvarlak tomrukların çapına veya elips şeklindeki tomrukların enine kesit eksenine bağlıdır. Prizma yüzeyinin genişliği 0.707 x tomruğun paralel ekseni veya çapı'na eşittir. Kapak tahtası kalınlığı 0.147 x tomruğun dik ekseni veya çapı'na eşittir. Teori daire ve elips tomruk biçimlerini varsayar ve bilgisayarlı tomruk işleme kararları uygulandığı zaman hesaplama zamanını tatmin edici düzeyde azaltan bir metot sunar.

**Anahtar Kelimeler:** Tomruk işleme, Tomruk biçme algoritması, Prizma kesiş

# TWO-DIMENSIONAL GEOMETRIC THEORY FOR MAXIMIZING LUMBER YIELD FROM LOGS

## ABSTRACT

A two-dimensional geometric theory for maximizing lumber yield from logs was developed. Centered cant sawing solutions for both circular and elliptical shaped logs were derived. Sawline placement for maximum yield is dependent upon the diameter of round logs or upon the cross-sectional axis of elliptical logs. The width of the face of the cant is equal to 0.707 times the diameter or parallel-axis of the log. Slab thickness is equal to 0.147 times the diameter or perpendicular-axis of the log. It assumes circular and elliptical log shapes and provides a method that may substantially reduce computation time when applied to computerized log breakdown decisions. samples.

**Keywords:** Log breakdown, Log sawing algorithm, Cant sawing

[1] Çeviri. Bu yazı **Yage ZHENG, Francis G. WAGNER, Philip H. STEELE ve Zhendong JI** tarafından, "Two-Dimensional Geometric Theory for Maksimizing Lumber Yield from Logs" ismi ile Wood and Fiber Science, 21(19): 91-100, 1989'da yayınlanmıştır.

## 1. GİRİŞ ve GENEL BİLGİLER

Araştırmalar tomruktan elde edilen kereste randımanını bir çok faktörün etkilediğini göstermiştir. Bu faktörler tomruk ebadı, tomruk formu, testere oyuğu genişliği, biçme değişkeni, kaba taze kereste ebadı, ürün karışımı ve tomruk işleme kararlarıdır (Hallock ve Lewis, 1976; Steele, 1984). Kereste randımanını geliştirmek için bu faktörlerin yeniden yapılandırılması araştırmacılar, ekipman imalatçıları ve fabrika yöneticilerinin uzun süredir amaçları olmuştur. Bu yazıda maksimum kereste randımanı için iki boyutlu geometrik teori kullanılarak tomruk formu ve tomruk işleme kararları ele alınmıştır.

Tomruk işleme kararlarının optimizasyonu için en iyi açılma yüzey (BOF) kavramı ilk olarak Hallock ve Lewis tarafından 1971'de takdim edilmiştir. BOF sistemi günümüzde bilgisayarlı karar verme ve işlem kontrol biçme ekipmanlarında yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Bu sistem üç boyutlu simülasyon modeli olup tomrukları ucu kesilmiş koni olarak varsayar ve biçme yerleşimini optimize etmek için tekrarlı bir yaklaşım kullanır. BOF'un kompleksliği ve uzun çalışma zamanı gerektirmesi sebebiyle araştırmacılar son günlerde BOF pozisyonunu basit olarak hesaplayan bir metodu açıklamışlardır (Steele vd., 1987). Onlar merkezileştirilmiş biçme çözümlerinin BOF pozisyonlarının mükemmel bir tahmincisi olarak kabul etmişlerdir. Ayrıca tomruğun iki boyutlu geometrik teorisinin, optimum biçme hattı yerleşimini saptamada en etkili geometrik faktör olduğunu ifade etmişlerdir.

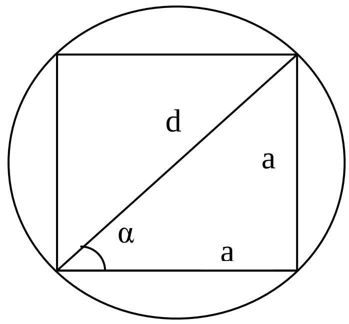
Bu temel bilgi ile, tomruktan maksimum kereste randımanı elde etmek için iki boyutlu geometrik teori geliştirilmiştir. Bir merkezileştirilmiş prizma çözümü daire ve elips şeklindeki tomruklar için temin edilmiştir. Bu teori biçme hattı yerleşimi ve bilgisayarlı tomruk işleme kararları uygulandığı zaman hesaplama zamanını tatmin edici düzeyde azaltmak için direk hesaplamaları kullanır.

## 2. METOT

### 2.1. Dairesel Tomruklar

Geometri öğreticileri ilk olarak daire içine çizilen dört kenarlı karenin en büyük alana sahip olduğunu öğretirler. Bunu dairesel tomruk içindeki kare prizmanın diğer dört kenarlı prizmalardan daha büyük alana sahip olduğunun öğretilmesi takip eder. O nedenle, bu iki boyutlu geometrik teorinin temeli maksimum randıman elde etmek için dairesel tomruk içinde kare prizmanın yerleştirilmesidir.

En büyük kare dairesel bir tomruk içerisine tamamen çizilebilir ve aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir (Şekil 1).




Şekil 1. İçine kare prizma çizilmiş dairesel tomruk. Burada d=dairenin çapı, a= karenin bir kenarının uzunluğu ve α= 45$^o$ açı.

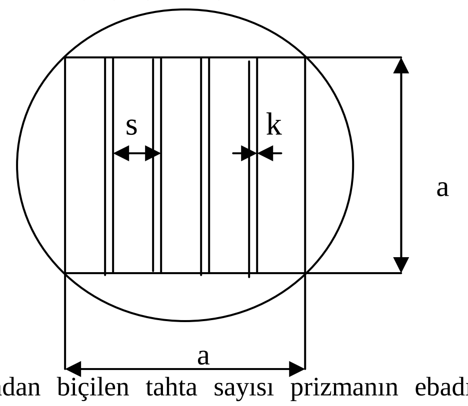
$a = d.\cos\alpha = d.\cos 45^o$
$a = 0.707xd$

Burada; d= Tomrk çapı, a= Kare prizmanın bir kenarının uzunluğu, α= Kare prizmanın ile köşegen üçgenin 45$^o$'lik açısı

Bu sebeple, dairesel tomruktan en büyük kare prizma 0.707 x tomruk çapı eşitliği ile biçilebilir. Uygulamada, tomruk çapı tomruk ince uç çapı olarak veya tomruk uzunluğu boyunca bir ölçüm noktasında ölçülebilir. Sulama sınırlamaları ve gövde düşüklüğü ölçüm noktaları üzerine etki edebilir. Kare prizmadan biçilecek tahtaların sayısı prizmanın ebatlarına, biçilen kerestenin kalınlığına ve testere oyuğu genişliğine bağlıdır. Tahtaların sayısı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanabilir (Şekil 2).

$N = (a+k)/(s+k)$

Burada; N= Tahta sayısı, a= Prizmanın bir kenarının uzunluğu, s= Her bir tahtanın kalınlığı, k= Testere oyuğu genişliği




Şekil 2. Kare prizmadan biçilen tahta sayısı prizmanın ebadına(a), biçilen kerestenin kalınlığına (s) ve testere oyuğu genişliğine (k) bağlıdır.

Elbette, tahtaların sayısı tüm sayı olmalıdır. s ve k sabit, prizmanın ebadı N tüm sayıya eşit oluncaya kadar ayarlanabilir. Tercihen, prizmanın ebadı N'in sulama sınırlarını aşmayacak biçimde tüm sayıya eşit oluncaya kadar arttırılabilir. Açıkça, prizmanın ebadındaki artma prizmadan elde edilecek kerestenin hacminin artmasına sebep olacaktır.

Biçme boyunca tomrukta ilk biçme hattının yerleşimi kereste randımanını maksimum yapmak için kritik öneme sahiptir (Hallock ve Lewis, 1971 ve 1976; Steele vd., 1987). Bu sebeple, kare prizma eldesi boyunca üretilen kapak kalınlıklarını hesap etmek için ilk biçme hattının yerleşimi önemlidir. Kapak kalınlıkları tomruk çapına ve üretilen maksimum kare prizmanın ebadına bağlıdır. Kare prizmanın bir kenarının uzunluğunu veren denklem belli olduğuna göre kapak kalınlığı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanabilir (Şekil 3).

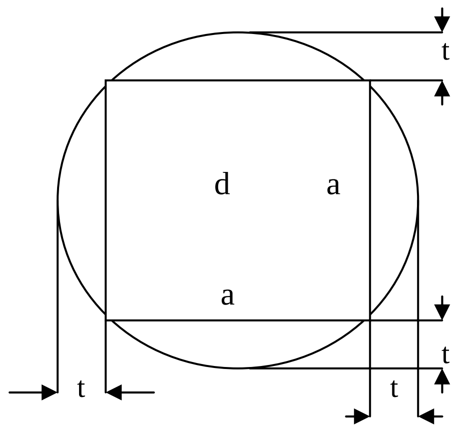
d= 2t+a

**t=** (d-a)/2 = **0.147.d**

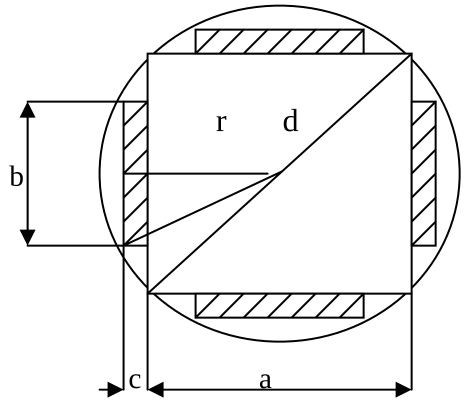
Burada; t= Kapak kalınlığı, d= Tomruk çapı, a= Prizmanın bir kenarının uzunluğu

Bu sebeple, optimum ebatta bir prizma üretmek için, prizmanın her bir yüzeyi için biçme hattı yerleşim noktasında tomruğun yüzeyinden t kadar mesafede olmalıdır. Prizma yüzeyinin genişliği a'ya eşittir.

Büyük çaplı tomruklar için, kapaklar nispi olarak kalındır ve kalın kapaktan daha fazla kereste elde edilebilir. En geniş tahtanın genişliğini ve kalınlığını saptamak için kalın kapaklar aşağıdaki eşitlik kullanılarak biçilebilir (Şekil 4).




Şekil 3: Dairesel tomruklardan maksimum prizma ebadı üretmek için biçilen kapak kalınlığı (t), kare prizmanın ebadına (a) ve tomruğun çapına (a) bağlıdır.




Şekil 4. Dairesel tomruğun bir kapaktan biçilen en geniş tahtanın kalınlığı (c) ve genişliği (b) tomruk çapına (d) ve daire içine çizilen prizmanın kenarına (a) bağlıdır.

$$b/2= \sqrt{r^2-(c+a/2)^2} = \sqrt{r^2-(c+(\sqrt{2}/2)r)^2}$$

$$b = 2\sqrt{r^2-(c+a/2)^2} = 2\sqrt{r^2-(c+(\sqrt{2}/2)r)^2}$$

Burada;
a= Prizmanın bir kenarının uzunluğu = 1.414 x r
b= Kalın kapaktan biçilen en geniş tahtanın genişliği
c= Kalın kapaktan biçilen en geniş tahtanın kalınlığı
r= Tomruğun yarı çapı

Tahtanın en geniş enine kesit alanını (F) bulmak için yukarıdaki denklemde b'yi yerine koyarsak aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$F= b.c$$
$$F= 2.c\sqrt{r^2-(c+(\sqrt{2}/2)r)^2}$$

Maksimum alanı bulmak için F'nin türevini alıp sıfıra eşitlersek aşağıdaki denklem elde edilir.

$$dF/dc= d/dc)2c(r^2-(c+r\sqrt{2}/2)^2)^{1/2}=0$$
$$(2(r^2/2-c^2-rc\sqrt{2})-2c^2-rc\sqrt{2})/(r^2/2-c^2-rc\sqrt{2})^{1/2}=0$$
$$2(r^2/2-c^2-rc\sqrt{2})-2c^2-rc\sqrt{2}=0$$
$$-4c^2-3rc\sqrt{2}+r^2=0$$

c için çözüm;

c= $(3r\sqrt{2} \pm \sqrt{18r^2 + 16r^2})/(-8)$

**c=** $r(3\sqrt{2} \pm \sqrt{34})/(-8) = r(4.243-5.831)/(-8) = 0.199.r =$ **0.099.d**

Yukarıdaki eşitlikte c'yi yerine koyduğumuzda b için çözüm;

b= $2\sqrt{r^2 - (c + a/2)^2} = 2d\sqrt{0.045}$

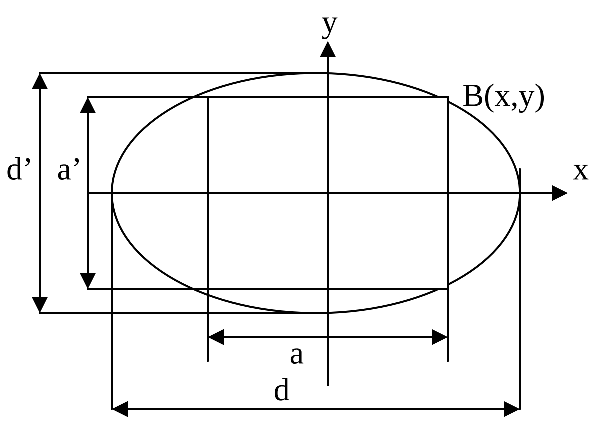
**b= 0.426.d**

Standart genişlikte ve kalınlıkta kereste üretmek için sulama sınırlamalarını aşmamak şartıyla b ve c arttırılabilir.

### 2.2. Elips Şeklindeki Tomruklar

Pratik tecrübeler tüm tomrukların enine kesitlerinin dairesel olmadığını göstermiştir. Cin'de yapılan bir çalışmada tomrukların % 70'inden fazlasının elips veya oval şeklinde olduğu saptanmıştır (Zheng, 1979). Bu bilgiye rağmen, çoğu mevcut işlem kontrol kararları tomrukların enine kesitini daire kabul ederek alınmaktadır. Bu karar alımlarında BOF bilgisayar programı geniş oranda kullanılmaktadır. Enine kesiti daire şeklinde olmayan bu tomruklar için randıman maksimizasyonu ve biçme kararları daha gerçekçi bir tomruk şekli olan elips dikkate alınarak hesaplanır.

Şayet elipsin yatay ekseni (d) ve dikey ekseni (d') ise, elips içine yerleştirilen dikdörtgen prizmanın en geniş enine kesit alanı aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanabilir (Şekil 5).




Şekil 5. Elips tomruğun içerisine yerleştirilen en geniş dikdörtgen prizmanın kenar uzunlukları (a ve a') elipsin eksen uzunluğuna (d ve d') bağlıdır.

$A = aa'$

Burada; A= Dikdörtgen prizmanın alanı, a= Dikdörtgenin yatay ekseninin uzunluğu, a'= Dikdörtgenin dikey ekseninin uzunluğu

Dikdörtgen ve elipsin arakesit koordinatları (x,y) ise o zaman;
$a= 2x$
$a'= 2y$
$A= (2x)(2y)= 4xy$

Burada; x= x yönünde elips ve dikdörtgenin kesişme yeri, y= y yönünde elips ve dikdörtgenin kesişme yeri

Elips için denklem; $x^2/(d/2)^2+y^2/(d'/2)^2= 1$

Bu sebeple;
$y= d'/2\sqrt{1-x^2/(d/2)^2}$
$A= 4x(d'/2)\ \sqrt{1-x^2/(d/2)^2}$

A2nın maksimum alanı için A2nın türevini alıp sıfıra eşitlersek aşağıdaki denklem elde edilir:

$$dA/dx= 4(d'/2)(\ \sqrt{1-x^2/(d/2)^2}\ -(x^2/(d/2)^2)(1/\sqrt{1-x^2/(d/2)^2}\ ))$$
$$\sqrt{1-x^2/(d/2)^2}\ -(x^2/(d/2)^2)(1/\sqrt{1-x^2/(d/2)^2}\ ) = 0$$
$$1-x^2/(d/2)^2-x^2/(d/2)^2 = 0$$

Daha basit olarak x için çözüm:

$x=(d/2)/\sqrt{2}= 0.707(d/2)$ **$x= 0.354.d$**

Yukarıda x belirlendiğine göre basit bir ifadeyle y;

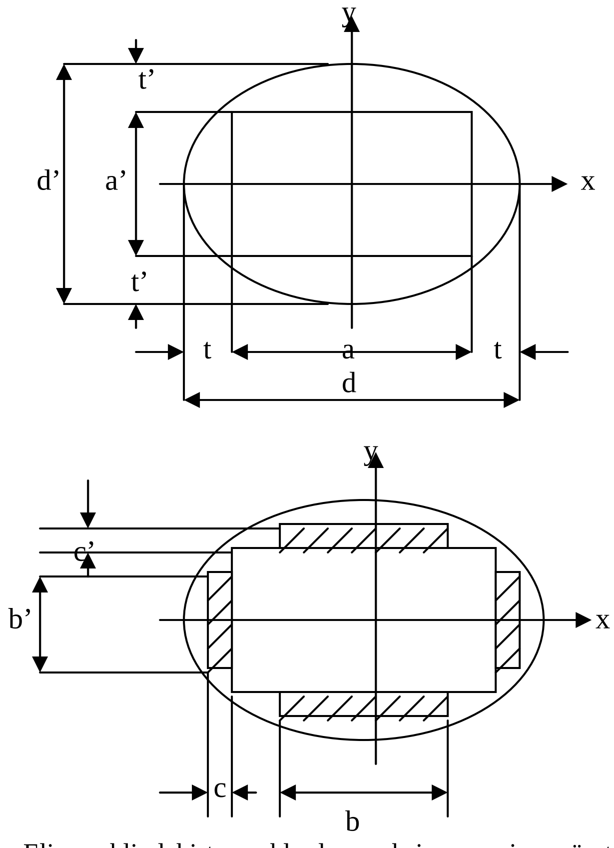
$y= (d'/2)/\sqrt{2} = 0.707(d'/2)$ **$y= 0.354.d'$**

Elips içerisine çizilen dikdörtgenin en geniş kenar uzunluğu aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir.

$a= 2x= 0.707.d$ $a'= 2y= 0.707.d2$

Bu sebeple, elips şeklindeki tomruğun içerisine tamamen çizilen en geniş dikdörtgenin kenarı, dairesel tomruklar içerisine yerleştirilen en geniş kare prizmanın kenarının hesap formülleri ile hesaplanabilir fakat elips şeklindeki tomrukların çapı iki yönde (d ve d') ölçülmelidir. Elips içerisine yerleştirilen dikdörtgen prizmasının kenar uzunluğu 0.707 x elipsin paralel ekseni eşitliği ile hesaplanır. Dikdörtgen prizmadan biçilen tahtaların sayısı prizma kenarı, biçilen kerestenin kalınlığı ve testere oyuğu genişliğine bağlıdır. Hesaplamalar için aynı denklemler kullanılabilir. Prizmanın kenarı sulama sınırlarını aşmamak şartıyla N tüm sayıya eşit oluncaya kadar arttırılabilir.

Kapak kalınlığı elips şeklindeki tomruklardan maksimum alanda dikdörtgen prizma üretmek için kaldırılmalıdır. Ayrıca kapak kalınlıkları dairesel tomruklardaki gibi hesaplanabilir.kapak kalınlıkları elipsin dik ekseninin uzunluğuna ve üretilen maksimum dikdörtgen prizmanın kenarına bağlıdır (Şekil 6).




Şekil 6. Elips şeklindeki tomruklardan maksimum prizma üretmek için biçilen kapakların kalınlıkları (t ve t'), elipsin eksen uzunluğuna (d ve d') ve dikdörtgen prizmanın kenarına (a ve a') bağlıdır. Daha büyük çaplı elips şeklindeki tomruk kapaklarından maksimum hacim ile biçilen tahtaların kalınlığı (c ve c') ve genişliği (b ve b') elipsin eksen uzunluğuna (d ve d') ve dikdörtgen prizmanın kenarına (a ve a') bağlıdır.

**t=** (d-a)/2= **0.147.d**
**t'=** (d'-a')/2= **0.147.d'**

Burada;
t= Dikey kapak kalınlığı
t'= Yatay kapak kalınlığı
d= Elips yatay ekseninin uzunluğu
d'= Elips dikey ekseninin uzunluğu
a= Dikdörtgenin yatay kenarının uzunluğu
a'= Dikdörtgenin dikey kenarının uzunluğu

Bu sebeple, maksimum kenarlı prizma üretmek için, prizmanın yatay yüzeyleri için biçme hattı tomruk yüzeyinden t' mesafede, prizmanın dikey yüzeyleri için biçme hattı tomruk yüzeylerinden t mesafede olmalıdır.

Büyük çaplı elips şeklindeki tomruk kapaklarından elde edilen kerestelerin kenar düzgünlüğü dairesel tomruk hesaplamaları ile sağlanabilir. Elips şeklindeki tomruklar içerisine yerleştirilen en geniş dikdörtgen prizmaları için kapakların kalınlığı ve genişliği daire enine kesitine sahip tomruklardaki gibi hesaplanabilir.

b= 0.426.d
b= 0.426.d'
c= 0.099.d
c'= 0.099.d'

Burada;
b= Kalın yatay kapaktan biçilen en geniş tahtanın genişliği
b'= Kalın dikey kapaktan biçilen en geniş tahtanın genişliği
c= Kalın dikey kapaktan biçilen en geniş tahtanın kalınlığı
c'= Kalın yatay kapaktan biçilen en geniş tahtanın kalınlığı

Bu kenar kerestesinin kalınlığı ve genişliği sulama sınırlarını aşmamak şartıyla standart genişlik ve kalınlıkta kereste üretmek için arttırılabilir.

## 3. ÖZET

Tomruktan maksimum kereste randımanı elde etmek için iki boyutlu geometrik teoriyi geliştirildi. Merkezileştirilmiş prizma kesiş çözümleri daire ve elips şeklindeki tomruklar için temin edilebilir.

Dairesel tomruklar için kare prizma maksimum randıman üretecektir. Kare şeklindeki prizmanın bir kenarının uzunluğu, tomruk ince uç çapında veya tomruk uzunluğu boyunca bazı ölçüm noktalarında 0.707 x tomruk çapı eşitliği ile hesaplanabilir. Kare prizma elde ederken üretilen kapakların kalınlığı 0.147 x tomruk çapı eşitliği ile saptanır. Her bir kapaktan biçilen en geniş tahtanın genişliğini 0.426 x tomruk çapı ve kalınlığını 0. 099 x tomruk çapı formülleriyle hesaplanır.

Elips şeklindeki tomruklardan maksimum randıman elde etmek için dikdörtgen prizmalar üretilir. Dikdörtgen şeklindeki prizmanın kenarlarının uzunluğunu, 0.707 x elipsin paralel ekseni olmalıdır. Prizma üretirken elde edilen kapakların kalınlığı, 0.147 x elips şeklindeki tomruğun dik ekseninin uzunluğuna eşittir. Bir kapaktan biçilen en geniş tahtanın genişliği 0.426 x tomruk paralel ekseninin uzunluğu ve kalınlığını 0.099 x dik eksenin uzunluğuna eşittir.

## KAYNAKLAR

Hallock, H. and Lewis, D.W.1971. Increasing Softwood Dimension: Yield from Small Log-Best Opening Face, USDA Forest Service Res. Pap. FPL 166, Madison, WI.

Hallock, H. and Lewis, D.W. 1976. Is There a Best Sawing Method? USDA Forest Service Res. Pap. FPL 280, Madison, WIS.

Steele, P.H. 1984. Factors Determining Lumber Recovery in Sawmilling, USDA Forest Service Gen. Tech. Rep. FPL 39, MadİsOn, WI.

_____ and Wagner, F. G. A Model to Estimate Regional Softwood Sawmill efficiency, Forest service (in pres).

_______ Wengert, E.M. and Llittle, K. 1987. Simplified Procedure for Computing Best Opening Face, Forest Products Journal, 37, 59; 44-48.

Zheng, Y.G. 1979. Research on Sleepers and Lumber Sawn from Elliptical Logs by Rational Sawing Practices, Industry of Forest Products, Peking, China.